

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРАГМЕНТАЦИИ ИСХОДНОГО АУСТЕНИТНОГО ЗЕРНА БЕЙНИТНЫМИ РЕЙКАМИ НА ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СТАЛИ 35ХНЗМФА

Сергеева К.И., Беликов С.В, Корниенко О.Ю.

Руководитель – проф., д.т.н. А.А. Попов
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, Екатеринбург, Россия
e-mail: KC985432@mail.ru

Термическая обработка образцов из стали 35ХНЗМФА промышленной выплавки производилась по режимам 1...4 (таблица 1).

Таблица 1. Режимы термической обработки

№ п/п	Полученная структура	t_{γ} , °С*	$v_{\text{охл}}$, °С/сек	t_b , °С	$\tau_{\text{выд}}$, сек	$v_{\text{охл}}$, °С/сек**
1	мартенсит + 5 % бейнита	950	50	440	100	4
2	мартенсит + 10 % бейнита	950	50	440	300	4
3	мартенсит + бейнит	950	50	440	900	4
4	мартенсит	950	50	440	15	4

* $\tau_{\text{выд}} = 300$ сек

** до $t = 20$ °С

Для интерпретации процесса разрушения и вида излома с точки зрения структурного фактора были сделаны шлифы в месте излома, что позволило сравнивать характерные особенности микроструктуры с особенностями излома.

В процессе изотермической выдержки при температуре 440 °С в течение 900 сек образование и рост бейнита осуществлялся неравномерно по всему объему вследствие неоднородности химического состава (рисунок 1). Поэтому данная сталь обладает неоднородностью структуры, в которой выделяются три характерных участка (рисунок 2):

I – мартенситный;

II – бейнитный;

III – мартенсито-бейнитный.

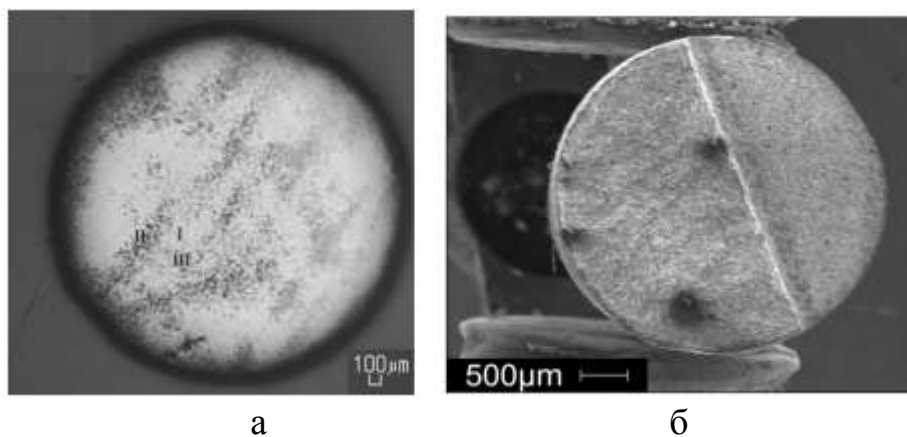


Рисунок 1. Полосчатость структуры стали 35ХНЗМФА

При рассмотрении поверхности разрушения материала со структурой мартенсита и максимально возможным количеством бейнита в стали 35ХНЗМФА, обработанной по режиму 3, при небольшом увеличении

прослеживается связь рельефа поверхности с микроструктурой образца в месте излома (рисунок 2, а и б).

В I области (рисунок 3, а, в) фасетка скола наибольшего размера 40...60 мкм, что соотносится с размером исходного аустенитного зерна, составляющего примерно 30...70 мкм. Наблюдается межзеренное разрушение с элементами квазискола. Явно видны гребни отрыва. Отрыв, как механизм локального разрушения часто наблюдается в участках нарушения распространения трещины по какому-либо другому механизму.



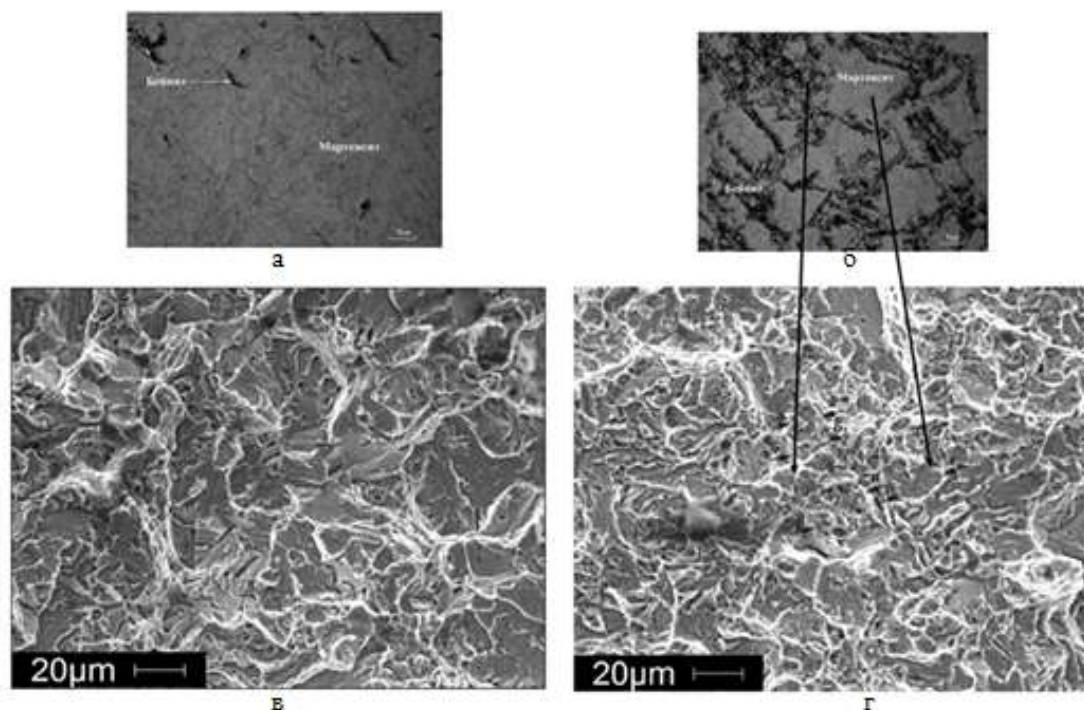
а - микроструктура, б – излом

Рисунок 2. Общий вид излома стали 35ХН3МФА (структура мартенсит + бейнит)

Во II области (рисунок 3, б, г) наблюдается ямочный вид излома, где имеются характерные участки ямок отрыва, которые похожи на вытянутые параболы и развернуты к месту зарождения трещины в основании надреза. Вытянутые микропоры, которые превращаются в ямки отрыва, формируются в узкой зоне непосредственно впереди четко выраженного фронта трещины. Ямки отрыва встречаются довольно редко, свидетельствуя тем самым, что отрыв не является преобладающим механизмом разрушения. Ямки зарождались на сферических выделениях или включениях, которые представляют собой частицы сульфида марганца. Фасетки скола по размерному фактору связаны не с размером зерна, а с мартенситными участками, образовавшимися в процессе фрагментирования исходного зерна аустенита бейнитными рейками, которые имеют размеры 10...20 мкм. При детальном рассмотрении фасеток скола можно выделить области, где трещина шла по бейниту (области а, в на рисунке 3, г), а где по мартенситу (области б, г на рисунке 3, г). Данный факт показывает, что трещина распространялась внутри зерна, переходя между пакетами бейнита и мартенсита.

III область представляет собой переходный вариант между I и II. Наблюдаемые фасетки скола имеют меньший размер, чем в I области (20...40 мкм). Часть из них связана с размером зерна (30...60), часть – с размером мартенситных пакетов, образованных в процессе фрагментации бейнитными

рейками исходного аустенитного зерна (10...30). Менее четко проявляются гребни отрыва, и уменьшается количество ямок по сравнению со II областью.



а, б – микроструктура; в, г – поверхность излома; а, в – I область; б, г – II область

Рисунок 3. Общий вид поверхности излома стали 35ХНЗМФА (I область - мартенсит; II область - мартенсит и бейнит)

Наблюдаемые участки излома позволяют сделать вывод о том, что в областях с бейнитной структурой излом характеризуется большей долей вязкой составляющей, чем в чисто мартенситной структуре, что подтверждается увеличением пути прохождения трещины и говорит о возможном повышении энергоемкости разрушения. Это связано с тем, что когда металл обладает мартенситной структурой, то смена направления распространения трещины происходит при пересечении высокоугловых границ мартенситных пакетов. В том случае, когда структура стали состоит из мартенсита и бейнита, зародившаяся трещина меняет направление своего распространения как при пересечении стыков мартенситных пакетов, так и при проходе через бейнитные рейки, фрагментирующие исходное аустенитное зерно. В этих условиях на пути распространения трещины встречается большее количество препятствий, что приводит к увеличению вязкости материала.